

生物电阻抗技术在维持性血液透析患者营养状况评估中的研究进展

刘江杰¹, 梅峰^{2*}

¹青海大学, 青海 西宁

²青海大学附属医院, 青海 西宁

Email: *18997219744@139.com

收稿日期: 2021年4月25日; 录用日期: 2021年5月8日; 发布日期: 2021年5月28日

摘要

维持性血液透析患者并发症中营养不良发生率较高, 且常常预示高住院率及高死亡率。及时评估血透患者的营养状况并给予干预, 对提高患者的生活质量及改善长期预后有着重要意义。生物电阻抗技术在维持性血液透析患者营养状况评估中具有可操作性、重复性强、且为无创检查、可对人体体内成分的各种指标实现定量分析等诸多优点, 患者容易接受, 且能够长期监测血液透析患者的营养状况, 及早发现营养不良, 有助于早期开展高危患者的营养干预及干预效果的动态评价, 现已在临床上应用。本文旨在对维持性血液透析患者的营养现状及生物电阻抗技术在评估维持性血液透析患者营养状况中的应用进行综述。

关键词

生物电阻抗分析, 血液透析, 营养状况

Advances in Research on Nutritional Status Assessment of Bioelectric Impedance Technology in Maintaining Blood Dialysis Patients

Jiangjie Liu¹, Feng Mei^{2*}

¹Qinghai University, Xining Qinghai

²Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Email: *18997219744@139.com

*通讯作者。

文章引用: 刘江杰, 梅峰. 生物电阻抗技术在维持性血液透析患者营养状况评估中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2021, 11(5): 2398-2404. DOI: 10.12677/acm.2021.115345

Abstract

The incidence of malnutrition is high in complications in patients with maintenance hemodialysis, and often indicates high hospitalization rate and high mortality. Timely evaluate the nutritional status of blood absorbing patients, which has important significance for improving the quality of life and improving long-term prognosis. Biological impedance technology has its operability, repetitiveness, strong recipient, and non-invasive inspections, and has a variety of indexes of the individual components of the human body, and patients are easily accepted. It is possible to monitor the nutritional status of blood dialysis patients, and early detection of malnutrition, which helps to develop a dynamic evaluation of nutritional intervention and intervention effects in early high-risk patients. It is now used in clinical practice. This paper aims to review the nutritional status and bioelectric impedance techniques for the maintenance hemodialysis patients to evaluate the application of the nutritional conditions in maintaining hemodialysis patients.

Keywords

Biological Resistance Analysis, Hemodialysis, Nutritional Status

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

流行病学调查显示, 全球慢性肾脏病(chronickidney disease, CKD)患病率约为 14.3% [1], 我国成人 CKD 患病率约为 10.8%, 约有 1.2 亿 CKD 患者, 其中男性为 8.7%, 女性为 12.9% [2]。终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)是 CKD 发展至最后阶段的一种临床综合征, 需要接受肾脏替代治疗 - 透析或肾移植来维持生命, 肾脏移植虽是一个有效的手段, 但由于合适的肾源较少, 以及体内免疫排斥等众多因素, 使得维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)成为了主要的替代疗法[3]。MHD 虽能够在一定程度上延长终末期肾病患者的生存期, 提高生活质量, 但是不能完全达到正常肾脏对代谢物清除的效果, 经过长期治疗, 体内也会堆积不少代谢产物, 容易产生营养不良等并发症[4]。对于大多数血液透析患者来说, 普遍存在营养不良即蛋白质能量 - 消耗(protein-energy wasting, PEW), 其典型特征是以肌肉组织为主的瘦组织大量丢失[5], 严重影响了患者的生活质量及心理状态。随着人们对营养状况的关注及高质量生活的追求, MHD 患者的营养状况越来越受关注, 如何早期发现并评估 MHD 患者的营养状况, 并及时进行综合干预治疗, 以低成本有效改善预后, 提高患者的生活质量, 节约医疗资源, 成为临床工作的重点。近年来, 生物电阻抗技术(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)已经成为评估人体组成成分的有效替代方法, 广泛用于测量透析患者的人体成分及营养评估。本文旨在对 MHD 的营养现状及 BIA 在评估 MHD 患者营养状况中的应用进行综述。

2. 维持性血液透析患者的营养现状

随着中国人口老龄化及进程的推进, 透析患者的营养问题日益突出。相关数据表明, 我国 CKD 患者

营养不良的患病率为 22.5%~58.5%；血液透析患者营养不良的患病率为 30.0%~66.7% [6]，已被证实是 MHD 患者高病死率的独立危险因素之一[7] [8]，美国肾脏疾病数据系统(USRDS)的数据显示，伴蛋白质-能量营养不良的血液透析患者每年的病死率近 20% [9]，显著增加医疗费用及住院率。

研究指出，终末期肾病维持性血液透析患者约 19.4% 原发病为糖尿病肾病[10]，且与非糖尿病患者相比，2 型糖尿病肾病 MHD 患者生活质量显著降低，病死率显著提高[11]。MHD 患者普遍存在营养不良，营养状况为其预后的重要预测因子，与生活质量、死亡率密切相关[12]。MHD 患者营养不良常见病因有慢性微炎症状态引起的高代谢、内分泌失调、透析过程中营养物质氨基酸和白蛋白丢失、透析管路中血液的丢失、透析间期毒素及水的积累引起的胃肠道症状、情绪低落等各种原因引起的食欲减退摄入不足等，而对于 2 型糖尿病患者微炎症状态更为突出，王荣聪[13]等人的一项前瞻性研究表明 2 型糖尿病肾病 MHD 患者更易处于微炎症状态影响预后，其原因可能为：① 2 型糖尿病肾病伴脂代谢紊乱，参与体内微炎症状态发生、发展；② 2 型糖尿病肾病患者血糖处于较高水平可诱导 IL-6 等因子生成；③ 2 型糖尿病肾病患者肾小球病变更为严重，导致肾小管内白蛋白过多，引起致肾小球系膜细胞增殖、肾小管损伤等，上调骨桥素 mRNA 等表达，促进单核细胞向肾间质浸润，诱发间质炎症。且 2 型糖尿病肾病 MHD 患者常伴胃肠植物神经紊乱，影响能量摄入，胰岛素缺乏/抵抗抑制肌肉蛋白合成，营养不良更为严重[14] [15]，因此，对于 MHD 患者应定期进行营养筛查。

HD 患者营养不良发生率较高，骨骼肌减少问题突出，随着尿毒症病情的进展以及营养状况的下降，血液透析患者可能会出现肌力降低，肌肉结构选择性改变和肌肉明显的萎缩[16] [17]，出现肌肉含量的下降，加之血液透析后每周至少 12 h 透析中卧床状态，体力活动下降更为突出，更易出现肌肉萎缩，肌肉，尤其是骨骼肌，支撑着骨骼，并对身体活动起到积极的支持作用，骨骼肌的减少会使患者行走及站立困难、平衡力下降、易摔倒、易致残、易疲劳和抑郁等，不仅会改变患者的生活方式，还降低其生活质量，增加了心血管相关并发症的发生，从而增加住院率和病死率。

维持 MHD 患者的肌肉量及营养状态对其预后具有重要意义，而临床上医护人员对 MHD 患者的早期营养状况评估的认识不足，进行评估及干预的时机过晚，使得患者生活质量下降。因此，呼吁医护人员关注透析人群的营养状况显得尤为重要，在《KDOQI 慢性肾脏病营养临床实践指南 2020 更新版》中就建议对于 MHD 患者至少在开始透析的 90 d 内要对其进行营养评估[18]，这就需要临床医护人员引起重视，定期对 MHD 患者进行营养评估。

3. 生物电阻抗技术在维持性血液透析患者营养评估中的应用

蛋白质 - 能量消耗的特征是体内蛋白质和脂肪的消耗，是接受血液透析的慢性肾病患者最常见的营养障碍之一。此外，这种情况与发病率和死亡率的增加以及身体机能和生活质量的下降有关。MHD 患者的营养状况评估和监测是预防、诊断和治疗营养不良的基础。然而，由于体内水合作用的频繁变化、并发症的发生和慢性炎症，精确的评估是复杂的，营养不良已被确定为慢性肾脏疾病并发症和死亡的重要危险因素。因此，确定真正营养不良的患者是很重要的。准确的诊断可予以及时的营养干预，减少临床并发症的发生，降低死亡风险。生物电阻抗参数是潜在的预后指标，因为细胞水平的变化可能发生在人体测量和生化变化之前，而且它们可能是评估临床结果或监测疾病进展的重要工具[19]。

近年来，生物电阻抗法对透析患者在营养评估方面兴起研究热潮，BIA 最初是由 Lukaski 等[20]于 1985 年提出的一种测量人体成分的方法，其原理为利用人体各组织导电性能不同的特点，通过测量各组织电阻抗，估测出人体肌肉、脂肪等信息。该技术目前已进一步发展为多频节段生物电阻抗技术(multifrequency bioelectrical impedance analysis, MBIA)，该技术可通过测定机体对不同频率的电流阻抗来计算人体细胞内外成分，实现无创、客观、便捷地获取人体组成成分信息[21]。目前国内将该技术应用于 MHD 患者干体

重和营养状况的评估。在《KDOQI 慢性肾脏病营养临床实践指南 2020 更新版》中也建议 CKD 5D 期的 MHD 患者使用 BIA 来评估身体组成, 且最好是多频 BIA, 并建议应在血液透析结束后至少 30 min 或更长时间后进行, 以便重新分配体液[18]。

生物电阻抗法可区分肌肉、脂肪、水分, 尽管受身体水分的干扰, 但仍被认为是临床评估身体成分的首选方法[22]。BIA 数据, 如细胞内、外水、骨骼肌含量、体脂肪率、身体细胞量(BCM)、相位角(PhA)、细胞外水(ECW)/全身水(TBW)等指标, 其中细胞内、外水、细胞外水(ECW)/全身水(TBW)比反映了 HD 患者体内的水合状态, 基于韩国的一项调查研究发现[23], $ECW/TBW > 0.39$ 即可认为患者存在一定程度的水肿, 需要调整超滤量, 且 $ECW/TBW < 0.39$ 时测得的肌肉数据才有临床意义。BIA 还能为临床医生分节段提供身体各部位的肌肉数据, 包括: 左、右上肢、躯干、左右下肢, 了解四肢的肌肉情况, 及时给予针对性的干预治疗。

使用生物阻抗来评估身体组成的原理是基于低频电流通过细胞外容量和高频电流通过细胞外和细胞内容量的概念。阻抗有两个分量, 即电阻(R)和电抗(Xc)。电阻是对电流流动的限制, 而电抗是组织界面和细胞膜产生的电阻效应。电抗使电流滞后于电压, 从而产生相移, 相移在几何上可以量化为电阻与电抗之比的角变换, 即 PhA。PhA 是最具临床相关性的阻抗参数, 是细胞膜完整性和活力的指标。因此不受可能影响身体组成或水化评估的假设的影响[24]。较低的 PhA 水平提示细胞完整性降低或细胞死亡, 而较高的 PhA 水平提示大量完整的细胞膜[25]。此外, PhA 最近已被用于评估疾病进展, 并在许多临床情况下预测临床结果[26]。目前的研究表明, BIA 测量的低 PhA 作为一种简单的替代筛查工具, 是 HD 患者 PEW、衰弱和心血管风险评分的独立预测因素[24]。日本[24]的一项回顾性观察性研究纳入了 116 名成年 HD 患者, 观察 3 个月患者的临床、实验室数据并使用 BIA 测量身体成分, 得出结论低 PhA 与 HD 患者发生 PEW 的风险较高相关。Ruperto 等随后也证实 $PhA < 4^\circ$ 是有 PEW[27]的 HD 患者的独立风险预测因子。最近, Bansal 等人 and Segall 等人证明 PhA 与 CKD 患者和 HD 患者的死亡率显著相关[28] [29]。Varan 等人报道 $PhA < 4^\circ$ 的 HD 患者的死亡风险显著增加, 即使在调整几项营养指标后也是如此[30]。

BCM 是营养状况的另一个代表性参数, BCM 是除去骨组织和细胞外水分之后的去脂体重, 是机体新陈代谢最活跃的部分, 其测量值不受细胞水负荷过重的影响, 对评价合并腹水及水肿患者的营养情况优于 BMI。MHD 患者或多或少存在体内水负荷过重问题, 故适宜采用 BCM 来评估其营养状况[31]。

PEW 即在营养不良发生发展过程中, 肌肉蛋白质合成率降低, 分解速率增加, 引起骨骼肌进行性消耗, 而骨骼肌含量是反映患者营养状况的重要指标[32]。BIA 可精准测得骨骼肌的含量[33], 还可为临床医生诊断肌少症提供依据。

4. 各种营养评估方法的比较

目前评估血透患者营养状况的常用方法有量表评估、生化检验、人体学测量、生物电阻抗法等。量表评估法如改良定量主观综合评估法(modified quantitative subjective global assessment, MQSGA)是常用的主观性评价方法, 尽管该法简单方便、无创、易于随时进行评估, 但评价的主观性较强[34]。人体学测量中的身体质量指数(BMI)虽然是国内外公认评价营养状况非常有价值的指标但 BMI 用于评估患者营养状况时无法判断肥胖患者是由于脂肪过多还是肌肉过多或水肿引起的, 也不能判断消瘦患者的肌肉消耗情况, 尤其是对于 MHD 患者水钠潴留、体内水分分布异常, 可导致对 MHD 患者的实际营养状况评价存在偏差。而实验室指标中的血清白蛋白作为评价蛋白质营养状况的传统指标, 其半衰期较长、在体内储存量大、是反映营养不良的晚期指标, 不能早期反应患者营养状况[21]。研究显示对于营养指标良好的患者, 仍可能存在肌肉量的下降。骨骼肌的萎缩, 可先于血清学指标出现改变, 而血清学指标及饮食摄入评估不足以早期发现潜在患者[35]。且生化指标需要抽血检验, 会使患者的心理产生恐惧因此而排斥, 且间隔

时间相对较长。

人体成分评估在临床实践中经常被用于营养评价和监测, 当前人体成分主要使用生物电阻抗 (bioelectrical impedance, BIA) 和双能 X 线测量法 (Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, DXA), 其中 DXA 是测量身体成分的金标准, 但是费用高、对人体有一定的辐射, 而 BIA 因其方便操作、费用低、对人体无辐射等原因, 在临床应用更多[19]。卓飞霞[34]等人的一项横断面研究中, 对 193 例维持性血液透析患者分别运用生物电阻抗法、改良定量主观综合评估法、人体学测量、生化检查等方法评估 MHD 患者的营养状况, 分析各指标间的相关性并比较生物电阻抗法测定的指标对患者营养不良的预测效果, 得出结论生物电阻抗法可客观评估 MHD 患者营养状况, 通过该法测定的体脂肪率、去脂体质量指数是预测患者发生营养不良的独立危险因素。

综上所述, 目前传统的营养评估和筛查方法均存在局限性, 这些指标要么敏感性和特异性有待商榷, 要么方法复杂临床中难以推广使用, 尤其是血液透析患者, 由于其容量负荷和物质代谢的紊乱, 常常导致营养评估的误差[36]。BIA 利用机体成分阻抗的不同而评价人体组织成分, 由于其可操作性、重复性强、且为无创检查、可对人体体内成分的各种指标实现定量分析[37], 显示出其对 MHD 患者营养评价的巨大优势。且 BIA 对营养状况的评估与“金标准”双能 X 线吸收法评价结果具有高度一致性[38], 被认为是一种可用于临床评估 MHD 患者营养状况的有效方法。因此临床上应采用实验室指标联合 BIA 检测或其他营养评估方法进行综合评估, 弥补单一指标的局限性, 提供更准确的营养状况评估结果。

5. 小结

客观、综合评估透析患者的营养状况非常重要, 对于 MHD 患者营养状况的评估是一项长期而艰巨的任务, BIA 在评估 MHD 患者干体重方面已成熟, 而在评估营养状况领域的相关文献较少, 虽然在《KDOQI 慢性肾脏病营养临床实践指南 2020 更新版》中再次强调使用 BIA 评估患者身体组成成分, 但是, 专家共识中并未给出相应的标准, 这就需要更多的临床研究来制定标准。总之, BIA 对于 MHD 患者的营养状态早期评估及干预后效果的动态评价具有非常重要的临床意义。

参考文献

- [1] Ene-Iordache, B., Perico, N., Bikbov, B., Carminati, S., Remuzzi, A., Perna, A., *et al.* (2016) Chronic Kidney Disease and Cardiovascular Risk in Six Regions of the World (ISN-KDDC): A Cross-Sectional Study. *The Lancet Global Health*, **4**, e307-e319. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)00071-1)
- [2] Zhang, L., Wang, F., Wang, L., Wang, W., Liu, B., Liu, J., *et al.* (2012) Prevalence of Chronic Kidney Disease in China: A Cross-Sectional Survey. *Lancet*, **379**, 815-822. [Published Correction Appears in *Lancet*, **380**, 650] [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60033-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60033-6)
- [3] 覃学, 陈文. 左卡尼汀对老年终末期肾病维持性血液透析患者炎症及营养状况的影响[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(19): 4880-4882.
- [4] 付艳娜, 广翠兰, 宋艳红, 张艳. 肾病型肠内营养制剂在维持性血液透析并发营养不良病人中的疗效分析[J]. 肠外与肠内营养, 2016, 23(5): 283-285, 289.
- [5] 董冠楠, 王恺, 杨玉鹏, 刘琼. 维持性血液透析患者的营养现状、人体成分分析及其影响因素[J]. 国际检验医学杂志, 2019, 40(18): 2212-2214, 2218.
- [6] Miao, J., Liang, R., Tian, X., Sun, X., Li, Z., Luo, J., *et al.* (2018) Contributors to Nutritional Status in Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis as Practised in Henan Province, China. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, **27**, 318-321.
- [7] Carrero, J.J., Stenvinkel, P., Cuppari, L., Alp Ikizler, T., Kalantar-Zadeh, K., Kaysen, G., *et al.* (2013) Etiology of the Protein-Energy Wasting Syndrome in Chronic Kidney Disease: A Consensus Statement from the International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISRNM). *Journal of Renal Nutrition*, **23**, 77-90. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2013.01.001>
- [8] 徐斌. 血液透析技术新进展[J]. 医学研究生学报, 2010, 23(11): 1227-1230.

- [9] Collins, A.J., Foley, R.N., Chavers, B., Gilbertson, D., Herzog, C., Johansen, K., *et al.* (2012) United States Renal Data System 2011 Annual Data Report: Atlas of Chronic Kidney Disease & End-Stage Renal Disease in the United States. *American Journal of Kidney Diseases*, **59**, A7-e420. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2011.11.015>
- [10] 孙晓丹, 刁宗礼, 刘旭, 刘莎, 刘文虎. 糖尿病肾病维持性血液透析患者死亡危险因素分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2017, 16(7): 633-636.
- [11] 王芳, 谢敏妍, 张东升, 刘海俊. 糖尿病肾病血液透析患者发生并发症及死亡的危险因素分析[J]. 哈尔滨医药, 2017, 37(5): 406-408.
- [12] 王力. 糖尿病肾病患者微炎症状态与营养不良的相关性研究[J]. 内科急危重症杂志, 2018, 24(3): 223-225, 258.
- [13] 王荣聪, 梅俐凡, 李忆琴, 区银娟, 王晓萍, 焦石, 李燕飞. 评估 2 型糖尿病肾病血液透析患者影响生活质量和生存率的危险因素[J]. 智慧健康, 2020, 6(13): 57-59.
- [14] 任艳珠. 糖尿病肾病患者 C 反应蛋白、铁蛋白与营养状况的评估[D]: [硕士学位论文]. 晋中: 山西医科大学, 2018.
- [15] 黄梅, 俸桃, 周桃梅, 万欢. 糖尿病肾病患者微炎症状态与营养不良的相关性研究[J]. 河北医学, 2017, 23(1): 85-88.
- [16] Domański, M. and Ciechanowski, K. (2012) Sarcopenia: A Major Challenge in Elderly Patients with End-Stage Renal Disease. *Journal of Aging Research*, **2012**, Article ID: 754739. <https://doi.org/10.1155/2012/754739>
- [17] Greco, A., Paroni, G., Seripa, D., Addante, F., Dagostino, M.P. and Aucella, F. (2014) Frailty, Disability and Physical Exercise in the Aging Process and in Chronic Kidney Disease. *Kidney and Blood Pressure Research*, **39**, 164-168. <https://doi.org/10.1159/000355792>
- [18] 程改平, 秦伟, 刘婧, 柳园. 《KDOQI 慢性肾脏病营养临床实践指南 2020 更新版》解读[J]. 中国全科医学, 2021, 24(11): 1325-1332.
- [19] da Silva, A.T., Hauschild, D.B., Moreno, Y.M.F., Bastos, J.L.D. and Wazlawik, E. (2018) Diagnostic Accuracy of Bioelectrical Impedance Analysis Parameters for the Evaluation of Malnutrition in Patients Receiving Hemodialysis. *Nutrition in Clinical Practice*, **33**, 831-842. <https://doi.org/10.1002/ncp.10098>
- [20] Lukaski, H.C., Johnson, P.E., Bolonchuk, W.W. and Lykken, G.I. (1985) Assessment of Fat-Free Mass Using Bioelectrical Impedance Measurements of the Human Body. *American Journal of Clinical Nutrition*, **41**, 810-817. <https://doi.org/10.1093/ajcn/41.4.810>
- [21] 王婷立, 柳园, 胡雯, 石运莹. 应用生物电阻抗法评估 44 例维持性血液透析患者的营养状况[J]. 中国血液净化, 2015, 14(11): 640-643.
- [22] 宋亦琪. 维持性血液透析患者营养评估及相关进展[J]. 中国血液净化, 2018, 17(1): 51-53.
- [23] Park, J.H., Jo, Y.I. and Lee, J.H. (2018) Clinical Usefulness of Bioimpedance Analysis for Assessing Volume Status in Patients Receiving Maintenance Dialysis. *Korean Journal of Internal Medicine*, **33**, 660-669. <https://doi.org/10.3904/kjim.2018.197>
- [24] Saitoh, M., Ogawa, M., Kondo, H., Suga, K., Takahashi, T., Itoh, H., *et al.* (2020) Bioelectrical Impedance Analysis-Derived Phase Angle as a Determinant of Protein-Energy wasting And Frailty in Maintenance Hemodialysis Patients: Retrospective Cohort Study. *BMC Nephrology*, **21**, Article No. 438. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-02102-2>
- [25] Selberg, O. and Selberg, D. (2002) Norms and Correlates of Bioimpedance Phase Angle in Healthy Human Subjects, Hospitalized Patients, and Patients with Liver Cirrhosis. *European Journal of Applied Physiology*, **86**, 509-516. <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0570-4>
- [26] Garlini, L.M., Alves, F.D., Ceretta, L.B., Perry, I.S., Souza, G.C. and Clausell, N.O. (2019) Phase Angle and Mortality: A Systematic Review. *European Journal of Clinical Nutrition*, **73**, 495-508. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0159-1>
- [27] Ruperto, M., Sánchez-Muniz, F.J. and Barril, G. (2016) Predictors of Protein-Energy Wasting in Haemodialysis Patients: A Cross-Sectional Study. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, **29**, 38-47. <https://doi.org/10.1111/jhn.12276>
- [28] Bansal, N., Zelnick, L.R., Himmelfarb, J. and Chertow, G.M. (2018) Bioelectrical Impedance Analysis Measures and Clinical Outcomes in CKD. *American Journal of Kidney Diseases*, **72**, 662-672. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2018.03.030>
- [29] Segall, L., Moscalu, M., Hogaş, S., Mititiuc, I., Nistor, I., Veisa, G., *et al.* (2014) Protein-Energy Wasting, as Well as Overweight and Obesity, Is a Long-Term Risk Factor for Mortality in Chronic Hemodialysis Patients. *International Urology and Nephrology*, **46**, 615-621. <https://doi.org/10.1007/s11255-014-0650-0>
- [30] Varan, H.D., Bolayir, B., Kara, O., Arik, G., Kizilarlanoglu, M.C., Kilic, M.K., *et al.* (2016) Phase Angle Assessment

- by Bioelectrical Impedance Analysis and Its Predictive Value for Malnutrition Risk in Hospitalized Geriatric Patients. *Aging Clinical and Experimental Research*, **28**, 1121-1126. <https://doi.org/10.1007/s40520-015-0528-8>
- [31] 任朝臣. 生物电阻抗与多种营养评价法对血液透析患者营养状况的对比研究[D]: [硕士学位论文]. 遵义: 遵义医学院, 2017: 1-36.
- [32] Fouque, D., Kalantar-Zadeh, K., Kopple, J., Cano, N., Chauveau, P., Cuppari, L., *et al.* (2008) A Proposed Nomenclature and Diagnostic Criteria for Protein-Energy Wasting in Acute and Chronic Kidney Disease. *Kidney International*, **74**, 393. <https://doi.org/10.1038/ki.2008.234> [Corrected to *Kidney International*, **73**, 391-398.]
- [33] Macdonald, J.H., Marcora, S.M., Jibani, M., Roberts, G., Kumwenda, M.J., Glover, R., *et al.* (2006) Bioelectrical Impedance Can Be Used to Predict Muscle Mass and Hence Improve Estimation of Glomerular Filtration Rate in Non-Diabetic Patients with Chronic Kidney disease. *Nephrology Dialysis Transplantation*, **21**, 3481-3487. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfl432>
- [34] 卓飞霞, 韩宗萍, 李芳, 殷金梅, 陈辰, 郑晶. 生物电阻抗法对维持性血液透析患者营养状况的评估价值[J]. 中国实用护理杂志, 2019, 35(15): 1136-1141.
- [35] 宋亦琪, 倪丽, 张家琪, 陆楚涵, 姚瑶, 黄碧红, 张倩, 陈靖. 维持性血液透析患者肌肉量调查及相关因素分析[J]. 中华肾脏病杂志, 2018, 34(10): 732-737.
- [36] Foster, B.J. and Leonard, M.B. (2004) Measuring Nutritional Status in Children with Chronic Kidney Disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, **80**, 801-814. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.4.801>
- [37] 王国勤, 徐彩棉, 李狄, 卞维静, 程虹. 主观综合评分联合生物电阻抗法评估血液透析患者的营养状况[J]. 中国血液净化, 2016, 15(1): 14-17.
- [38] Fürstenberg, A. and Davenport, A. (2011) Assessment of Body Composition in Peritoneal Dialysis Patients Using Bioelectrical Impedance and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *American Journal of Nephrology*, **33**, 150-156. <https://doi.org/10.1159/000324111>